

接触作業を行う飛行ロボットのための反トルクキャンセル機構

○野崎達也 (立命館大学) 平井慎一(立命館大学)

1. 緒言

近年、空中を飛行するロボットが登場し、その応用に期待が集まっている。現在の飛行ロボットの主流は、マルチロータヘリコプターである。マルチロータヘリコプターは、複数のロータで駆動され、高いペイロード[1]を有している。そのため、火山活動の調査に利用されている[2]。また、荷物の搬送[3]やインフラストラクチャーの検査[4]への応用が期待されている。航空写真の撮影や航空監視は、対象物との接触を伴わない。一方、対象物との接触を伴う作業への飛行ロボットの適用が検討されている。そのうちの 하나가、高所作業である。

建築物の高層化が進むにつれて、高層ビルの窓ふきや建築など高所での作業が増えている。高所での作業は、地上からリフトを伸ばすことや、高所からリフトを吊り下げ、直接人の手で行われることが多い。しかしながら、高所での作業には、落下の危険性が伴う。安全対策として、作業する足場や落下防止の柵の設置が必要であり、作業範囲の広さや高さ按比例して対策にかかるコストも大きくなる。そこで、飛行ロボットを用い高所での作業を行うことのメリットが大きいと考えられる。これにより、危険性のある高所での作業を、安全かつ低コストでロボットに行わせることが可能となる。

本研究では、接触作業を行わせる飛行ロボットの開発を目的とする。接触状態を維持したまま機体を水平に移動させることを目的とする。水平に移動を行わせるうえで、機体を安定させることが必要になる。そこで、機体を安定した状態で移動を行わせるための反トルクキャンセル機構を提案する。

2. 接触状態での水平移動

窓拭き掃除などの作業を飛行ロボットに行わせる際に、搭載したモップを窓と接触させる。その後、飛行ロボット本体を水平に移動させることにより、作業を行わせる。その際に、図1に示すように対象物と飛行ロボットの間には摩擦力が発生する。そのため、機体に摩擦力に起因するモーメントが生じ、飛行ロボット本体が旋回してしまい、機体が水平移動を行えないという問題点があった。このことから、対象物から発生する反トルクをキャンセルする機構が必要になると考えられる。

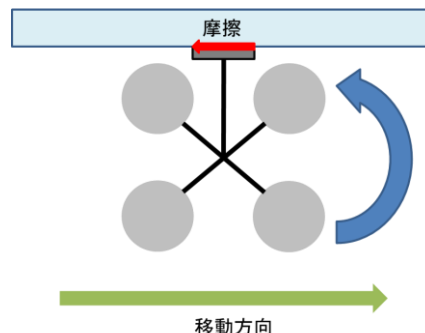


図1 対象物との間に発生する力

3. 反トルクキャンセル機構

3.1 ホイール

水平移動が行えない原因として対象物との摩擦が挙げられる。ホイールの概念図を図2に示す。図2に示すモップの上下にホイールを取り付けることにより、接触し水平移動を行う際に、ホイールが回転する。それにより、摩擦力を軽減することができ、水平移動が可能になると考えられる。試作したホイールを図3に示す。ホイールの大きさは、直径50mm、厚さ3mmであり、重量は6.0gである。また、材質はポリカーボネートである。ホイールの回転を視認しやすくするために、赤のビニールテープを目印として取り付けている。

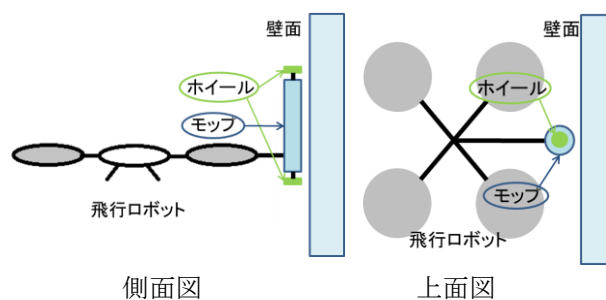


図2 ホイールの概念図

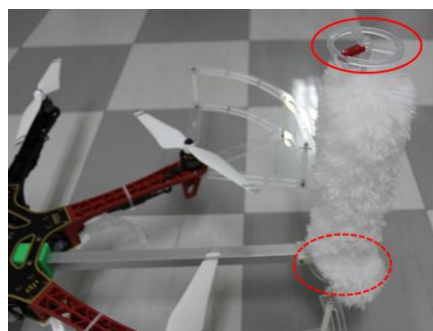


図3 試作したホイール

3.2 ベアリング

機体の旋回を抑制する機構を取り付けることにより、水平移動が円滑に行えると考えられる。ベアリングの概念図を図4に示す。図4に示すように機体前方の左右からベアリングを付けた棒を伸ばした。ベアリングを付けた棒を以後、支持棒と呼ぶ。それにより、左右のベアリングとモップの三点で対象物と接触することになり、対象物と左右のベアリングとモップの三点からなる直線の水平を保つことが可能である。試作したベアリングを図5に示す。支持棒を含んだベアリングの大きさは、縦72.5 mm、横20 mm、高さ12 mmであり、重量は15.6 gである。また、材質は、支持棒部はポリカーボネート、ベアリング部はアルミニウムである。

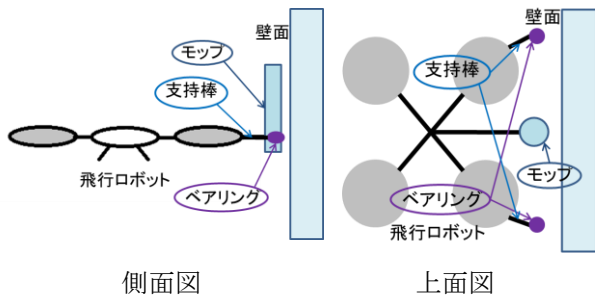


図4 ベアリングの概念図

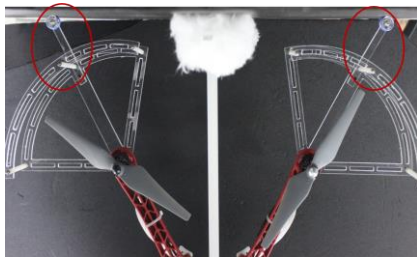


図5 試作したベアリング

3.3 ホイール+ベアリング

3章1節、3章2節で提案したホイールとベアリングの両方を用いた機構である。3章2節のベアリングと同様に、左右のベアリングとモップの三点で対象物と接触することになり、対象物との水平を保つことが可能である。また、モップ部分に取り付けたホイールにより、モップと対象物との摩擦を減らすことが可能である。図6に試作したホイール+ベアリングを示す。ホイール+ベアリングの総重量は21.6 gである。



図6 試作したホイール+ベアリング

4. 実験

4.1 実験目的

接触を伴った状態で機体本体を水平に移動させ、提案した反トルクキャンセル機構の有用性を確認・検証する。

4.2 実験方法

図7に示すDJI社のF550をベースとして、飛行ロボットを構築する。モップを含む機体の大きさは、縦710 mm、横580 mm、高さ390 mmであり、重量は1647 g、ペイロードは750 gである[7]。機体に3章で提案した反トルクキャンセル機構を搭載し、実験を行う。



図7 ベース機体

まず、飛行ロボットを飛行させ、対象物と接触させる。次に、接触状態を維持したまま飛行ロボットを水平に移動させる。以上の工程より、水平移動が円滑に行えているかを、実験中の機体の動きや操作性を基に検証する。図8に示すように、対象物と接触するモップの幅を一定に保つ。

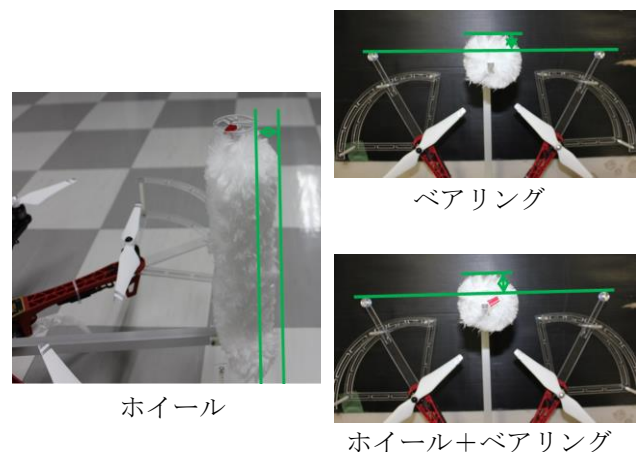


図8 各機構においてモップが接触する領域

4.3 実験結果・考察

ホイールのみの場合では、図9に示すように対象物との摩擦力が大きく、機体にモーメントが生じたため機体が旋回したため、機体の水平移動が円滑に行うことができなかった。また、ホイールのみで水平移動を円滑に行わせるには、ホイールの直径が少なくとも60 mm必要になった。ベアリングのみの場

合では、図 10 に示すように水平移動の際に機体が旋回することなく、水平移動が円滑に行えた。ホイール+ベアリングの場合では、図 11 に示すようにベアリングのみの場合と機体の動きや操作性に大きな違いは見られず、水平移動が円滑に行えた。

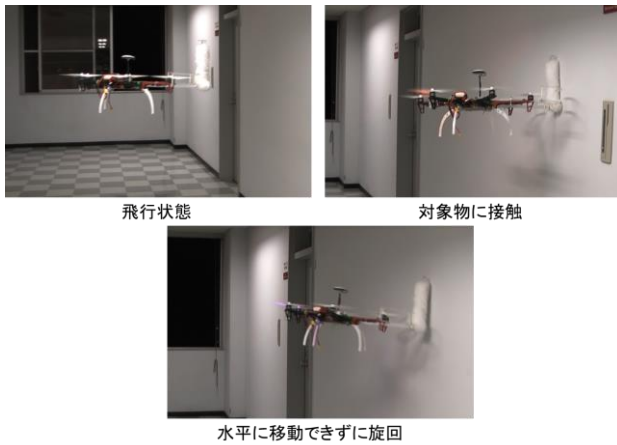


図 9 ホイール

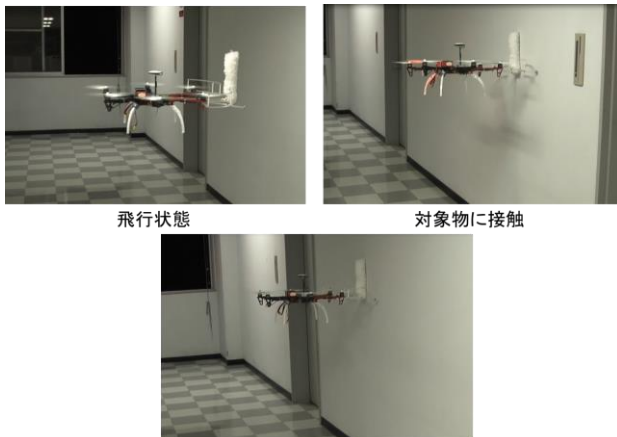


図 10 ベアリング

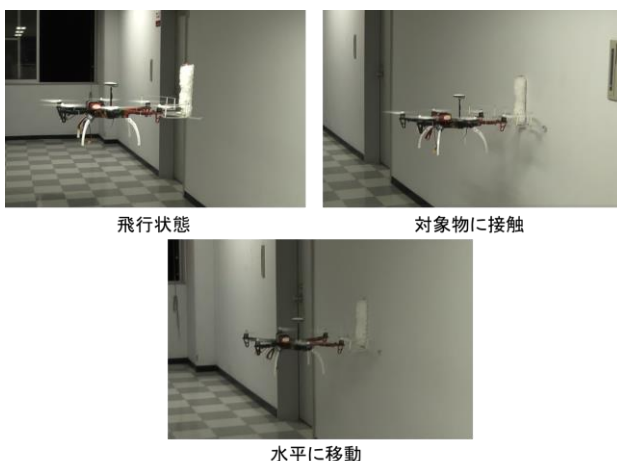


図 11 ホイール+ベアリング

機体の動きを抑制する機構が、飛行ロボットの動きを行わせるうえで効率的だと考えられる。また、窓拭き掃除などでは対象物に対しての圧力や摩擦力

が必要になるが、今回の実験では評価ができなかった。そのため、今回の実験方法ではベアリングとホイール+ベアリングのどちらが窓拭きなどの作業に適しているかは確認することができなかった。

5. 結言

本研究では、接触作業を行う飛行ロボットのための反トルクキャンセル機構を作成した。反トルクキャンセル機構は飛行ロボットの限られたペイロードの中で搭載しなければならないため、簡単で軽量の構造を目指し作成した。また、実験の結果から接触状態を維持したうえで円滑に移動を行わせるには、機体の左右から支持棒などを伸ばすことによって、機体の動きを抑制する機構が有効であることが分かった。

今後の課題として、窓拭きなどの作業を行わせるために対象物への押し付け力を大きくした際に、機体が前方に回転してしまう問題がある。そのため、今回提案した反トルクキャンセル機構を機体の上方に取り付けて、機体の回転を抑制し、押し付け力を大きくすることが必要である。

参 考 文 献

- [1] 吉田隆：“飛躍するドローン”，ニッケイ印刷，pp. 9-13,2016.
- [2] 永谷圭司，安藤詳平，飯野勝博，西真佐人：“火山噴火後の遠隔調査システムの開発”，砂防学会誌，vol. 65, no. 6, pp. 56-59, 2013.
- [3] Michael Rundle, “Amazon shows the world its latest Prime Air drone”, WIRED, November 2015, <http://www.wired.co.uk/article/amazon-prime-air-latest>
- [4] 熊田貴之：“空の産業革命”，2016, http://www.rs.jx-group.co.jp/library/files/20160114_contribution.pdf#search='%E3%83%89%E3%83%AD%E3%83%BC%E3%83%B3+%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%95%E3%83%A9+%E8%AB%96%E6%96%87'.
- [5] “DJI 社のウェブサイト”，<http://www.dji.com/jp>